第 02 号
2012 年 3 月 21 日
発行：㈱丸菱バイオエンジ

BPE 温故知新

歴　史　用語集　豆知識　技術紹介

酸素測定(1/3)

培養プロセスにおいて溶存酸素(Dissolved Oxygen, D.O.)を計測することは、培養経過を監視する基本的かつ重要な仕様として、今日では広く普及している。微生物の呼吸速度を測定する手段として、オフラインではあるがワールブルグ検圧計が用いられ学生実験の教材にもなった。また、第二次世界大戦後のペニシリン醗酵工業が勃興してきた時には、回転式裸白金電極を用いて、何とかして培養中微生物の呼吸速度を測定しようとの工夫がなされた。(前号掲載)　その後、Clark 型電極と呼ばれている隔膜式電極が実用化され手軽にＤＯを測定することができるようになった。しかし、醗酵槽の中で培地とともに蒸煮滅菌に耐える電極を利用できるようになるまでには、様々な工夫が必要であった。1970 年代初めから蒸煮滅菌ができる電極(sterilizable electrode)を目指して各所で開発が行なわれた。解決するべき問題点は、蒸煮によって密封された電極内部液が膨張して隔膜として使用されている PTFE 膜が破れてしまうことであった。国内においては、弊社創業者の山縣民敏は密封構造の電極の外側にシリコンゴム製の緩衝膜を設けることにより PTFE 膜の破損を解決し「Y 型電極」とした。(図１)　また、大橋実博士は、コップを逆さにして液中に押し込んだ時に気相空間ができることを利用して完全密封ではなくすることにより解決し、「大橋式酸素電極」と呼ばれた。(図２)　もちろん欧米でも開発が行なわれ USA の NBS 社、スイスのインゴールド社なども実用化に成功し、醗酵槽における酸素測定が普及していった。

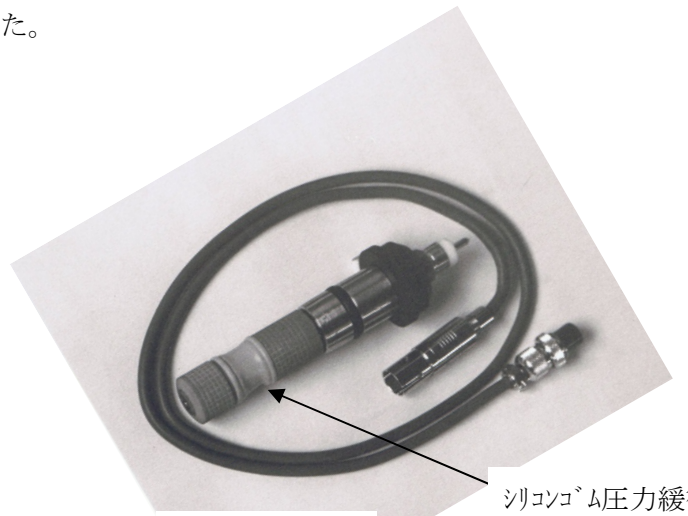


図１.Y 型電極

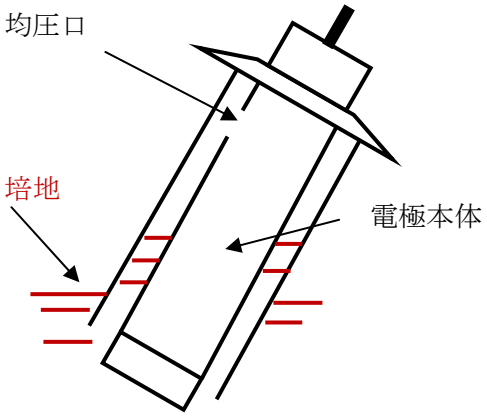


図２.大橋式酸素電極

第 02号
2012 年 3 月 21 日
発行：㈱丸菱バイオエンジ

BPE 温故知新

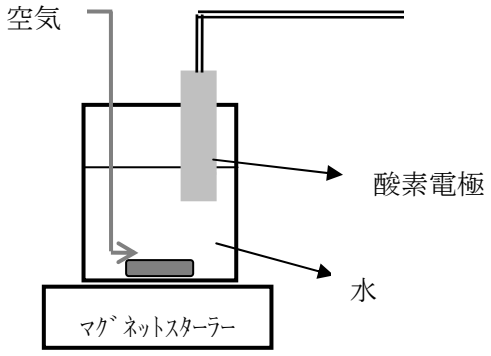
歴　史　用語集　豆知識　技術紹介

酸素測定(2/3)

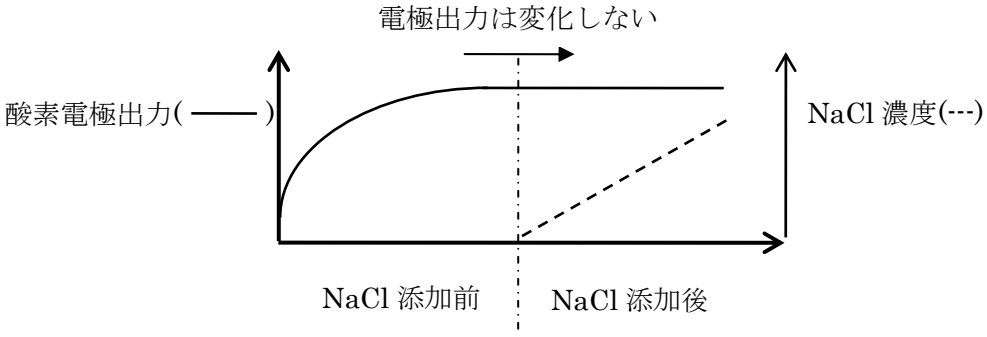
醗酵槽の中で DO を測定することが珍しいことであった時期には、醗酵槽の納品時には、真っ先に DO が測定できる原理、蒸煮滅菌に耐える仕組み、PTFE 膜の張り方、電極内部液の入れ方などの説明をしなければ、お客様には納得していただけなかった。その当時、酸素電極のことについては、蒸煮滅菌はできなかったがベックマン社の電極が有名であり、その取扱説明書を首っ引きで読んで、原理や使い方を学習した。その中に面白い、しかし重要な記述がある。

・隔膜式酸素電極の出力は、液中の酸素分圧に比例するものであり溶存酸素の値に比例するのではない。

そのことの具体的な説明として下図のような実験を取り上げている。



圧力：大気圧、温度：一定
溶液：脱イオン水
マグネットスターラーで攪拌し、空気を液中に吹き込みバブリングする。酸素電極出力が一定になった後、塩化ナトリウムを少しずつ添加していく。



本来溶存酸素量は下表のように減少していくはずであるが電極出力は一定である。

塩素イオン濃度(g/L)	0	5	10	15	20
30℃の時の溶存酸素量(mg/L)	7.53	7.16	6.78	6.41	6.03

つまり、測定液中の酸素分圧が一定であり何ら変化していないからである。

第 02号
2012 年 3 月 21 日
発行：㈱丸菱バイオエンジ

BPE 温故知新

歴　史　用 語 集
豆知識　技術紹介

酸素測定(3/3)

以上のような事情があり、隔膜式酸素電極を用いた酸素計では ppm(mg/L)で表した目盛（表示）だけではなく、%表示(大気圧下での空気飽和状態を 100%として校正する）が併用されている。これから使おうとしている培地の大気圧飽和時の溶存酸素濃度を得るためには、ウィンクラーのアジ化ナトリウム変法などによらなければならない。（工場排水試験法 JIS　K0102 参照）